КАНАЛ ЦВЕТНОСТИ ВИДЕОМАГНИТОФОНОВ И ВИДЕОКАМЕР (часть 1)

Юрий Петропавловский (г. Таганрог, Ростовская обл.)

В статье рассматриваются особенности построения каналов цветности на микросхемах фирмы Hitachi, особенности регулировки и контроля параметров в каналах цветности видеомагнитофонов и видеокамер различных производителей и способы устранения неисправностей.

СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ ЦВЕТНОСТИ

Количество типов микросхем, выпущенных в разное время для каналов цветности видеомагнитофонов, в том числе камерных, насчитывает уже не одну сотню. Однако опубликованной информации по особенностям их применения, особенно с «сервисной» (т.е. конкретной) точки зрения, недостаточно. Многие ремонтники воспринимают канал цветности как некий черный ящик, работающий без отказов, и если отказы случаются, аппаратура нередко переводится в разряд неремонтопригодной.

Особенностью каналов цветности является и то обстоятельство, что они функционируют в тесном взаимодействии с другими узлами и системами видеомагнитофонов, и случаи, когда после замены микросхем канала цветности неисправность не устраняется, не являются редкостью. Все эти факторы оправдывают развернутую публикацию о построении и функционировании каналов цветности.

В большинстве композитных форматов аналоговой видеозаписи обработка сигнала цветности сводится к его переносу в низкочастотную область при записи и обратно – при воспроизведении. Композитными называют форматы, в которых обработка сигналов ведется на поднесущих частотах сигнала цветности. В компонентных форматах обрабатываются цветоразностные сигналы YUV или сигналы RGB. Элементная база каналов цветности малогабаритных видеокамер имеет свои особенности, поэтому требует отдельного рассмотрения. В видеомагнитофонах трех основных систем цветного телевидения перенос сигналов цветности по частоте осуществляется методом гетеродинирования. Исключение составляют видеомагнитофоны SECAM, в которых перенос сигналов цветности производится методом деления частоты. В видеокамерах каналы цветности работают, как правило, только в системах PAL или NTSC (многосистемных камер, скорее всего, не бывает).

На первый взгляд, аппаратурная реализация канала цветности с гетеродинированием очень проста – достаточно кварцевого генератора, балансного смесителя и соответствующих фильтров. Например, реализовать в видеомагнитофонах запись и воспроизведение ТВ–сигналов в системе SECAM можно с каналом цветности на одной микросхеме К174ПС1 и нескольких транзисторах (вариант MESECAM). Однако для систем PAL и особенно NTSC подобное построение канала цветности неприемлемо. Для систем цветного ТВ с квадратурной модуляцией поднесущей сигналов цветности (NTSC, PAL) перенос сигналов цветности в низкочастотную область должен быть осуществлен с высокой фазовой точностью, так как цветовой тон в этих системах определяется фазовым сдвигом сигнала цветности в активной части строки относительно фазы вспышки. Кроме того, соотношение частот строк, кадров и поднесущих сигналов цветности при записи и последующем воспроизведении должно быть сохранено с высокой точностью. Частоты строк и кадров записываемых и воспроизводимых ТВ–сигналов определяются в основном скоростью вращения БВГ и колеблются вблизи стандартных значений; соответствующую погрешность называют временн**о**й ошибкой.

Дополнительную проблему при воспроизведении создают помехи от соседних строчек записи, поскольку в формате VHS азимутального сдвига зазоров видеоголовок ±6° (±10° в VIDEO–8) недостаточно для их подавления.

Построение каналов цветности ВМ разных ТВ–систем не может быть одинаковым. Это касается не только различий частот кварцевых резонаторов, но и режимов работы некоторых узлов и параметров ряда элементов, что не позволяет простыми средствами переделать канал цветности односистемного видеомагнитофона для работы в других системах. Решение всех вышеперечисленных проблем привело к значительному усложнению схемотехнических решений каналов цветности, особенно в мультисистемных аппаратах высокого класса.

Остановимся на некоторых количественных характеристиках каналов цветности различных систем цветного ТВ и аналоговых форматов видеозаписи.

Форматы VHS и S–VHS. Система NTSC: частота строк 15734,264 Гц, частота полей 59,94 Гц, частота поднесущей цветности $f_s = 455f_{стр}/2 = 3{,}579545$ МГц, частота перенесенной поднесущей сигнала цветности $f_s' = 40f_{стр} = 629{,}371$ кГц, частота гетеродина блока цветности $f_G = f_s + 40f_{стр} = 4{,}208916$ МГц. Система PAL, форматы VHS и S–VHS: частота строк 15 625 Гц, частота полей 50 Гц, частота поднесущей цветности $f_s = 1135f_{стр}/4 + f_{кадр} = 4{,}43361875$ МГц, частота перенесенной поднесущей сигнала цветности $f_s' = (40 + 1/8)f_{стр} = 626{,}953$ гКц, частота гетеродина блока цветности $f_G = f_s + (40 + 1/8)f_{стр} = 5{,}060572$ МГц. В системе SECAM (вариант с гетеродинированием называют MESECAM): частоты строк и полей аналогичны PAL; частоты поднесущих сигнала цветности $f_{OB} = 272f_{стр} = 4250$ кГц, $f_{OR} = 282f_{стр} = 4406{,}25$ кГц, частоты перенесенных поднесущих сигналов цветности $f_{OB} = 654{,}322$ кГц, $f_{OR} = 810{,}572$ кГц; частота гете–

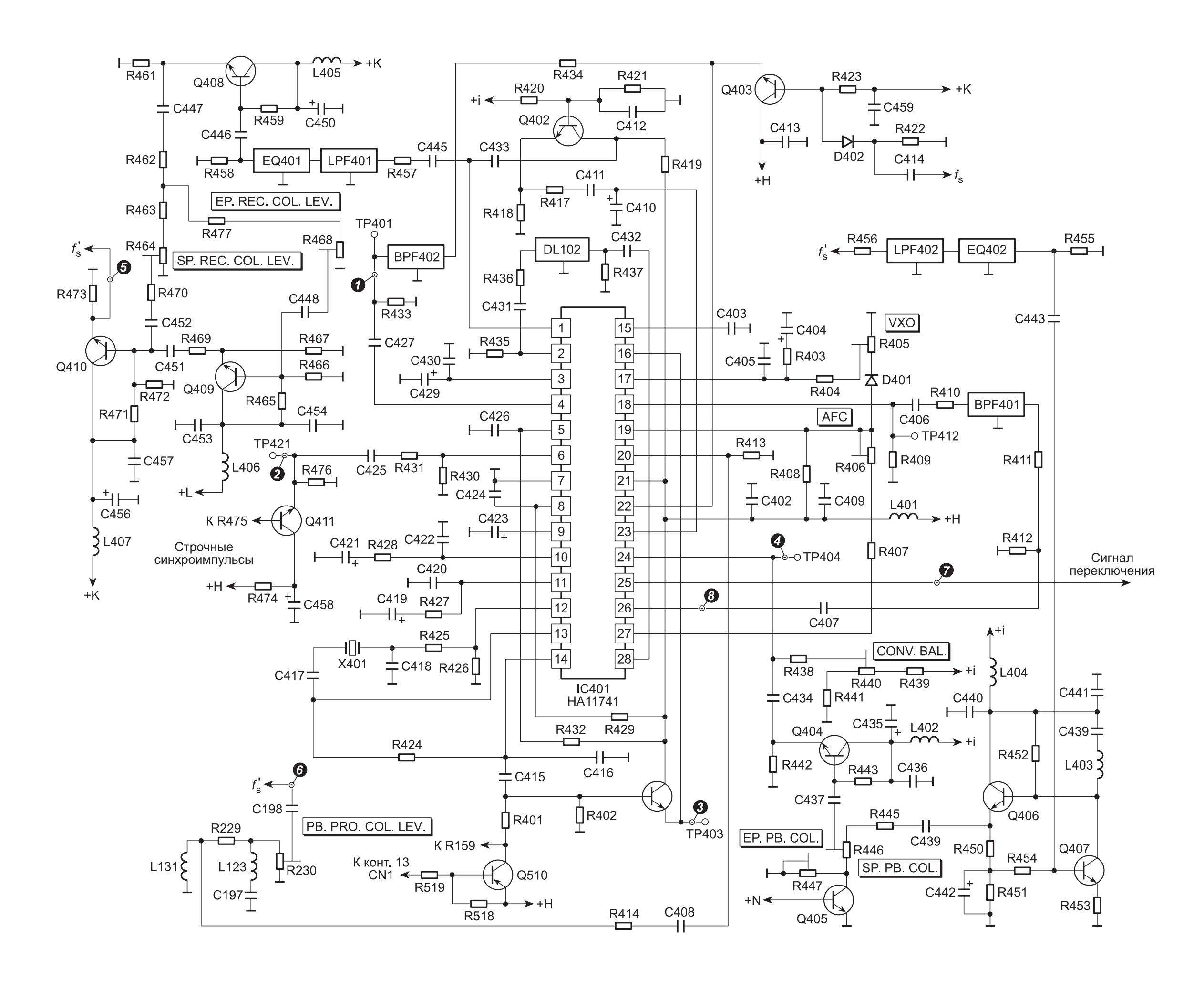


Рис. 1. Принципиальная схема канала цветности на микросхеме HA11741 для NTSC

родина такая же, как в системе PAL. В варианте MESECAM используется канал цветности видеомагнитофона PAL без каких-либо изменений, за исключением блокировки гребенчатого фильтра и коммутатора фазы частоты гетеродина. Такое решение не является оптимальным, поэтому для системы SECAM был разработан канал цветности с делением частоты поднесущих цветности, где значения частот перенесенных поднесущих сигналов цветности составляют f_{OB}' = 1069,912 кГц и f_{OR}' = 1109,247 кГц.

Форматы VIDEO-8 и HI-8. Система NTSC: частота перенесенной поднесущей сигнала цветности $f_s = 47{,}25f_{стр}$ = 743,444 кГц, частота гетеродина 4,322989 МГц. Система PAL: частота перенесенной поднесущей сигнала цветности $f_s = 46{,}875f_{стр}$ = = 732,422 кГц, частота гетеродина f_G = 5,166041 МГц. Аппаратура форматов VIDEO-8, HI-8 для работы в системе SECAM не выпускается.

Исторически первой схемной реализацией канала цветности, получившей распространение еще в СССР в начале 1980-х годов, стал вариант, построенный на микросхемах AN6360, AN6361 (или AN 6371), AN 6362 фирмы Matsushita. Этот комплект ИМС применялся в целом ряде моделей видеомагнитофонов Panasonic, Sharp, Philips (с «начинкой» Sharp). Впоследствии он «перекочевал» в отечественные ВМ в виде микросхем серии КР1005, информации по которой вполне достаточно.

С середины 1980-х до середины 1990-х годов во многих видеомагнитофонах и видеокамерах канал цветности строился преимущественно на одной микросхеме большой степени интеграции. Основными производителями таких ИМС для канала цветности были фирмы Hitachi, Sanyo и Toshiba; меньшее распространение получили ИМС фирм Matsushita, Mitsubishi, Sharp (только в собственной продукции). Из микросхем фирмы Hitachi можно выделить HA11741 (ВМ типа JVC HR-D120, D225, D235 и др.), HA11756 (JVC HR-S10), HA11811 (JVC HR-D210, D211), HA11845, HA11871 (Sharp VC-779,780), HA118016 (JVC HR-D520, 521, 1520).

Структурные схемы каналов цветности на этих ИМС имеют ряд отличий в разных ТВ-системах. В частности, для вариантов на микросхемах HA11741 и HA11811 в состав блока цветности в системе NTSC входит один кварцевый генератор, в системах PAL/SECAM – два генератора. Принципиальная схема канала цветности на микросхеме HA11741 для NTSC (JVC HR-D235U) приведена на рис. 1 (схема была восстановлена с печатной пла-

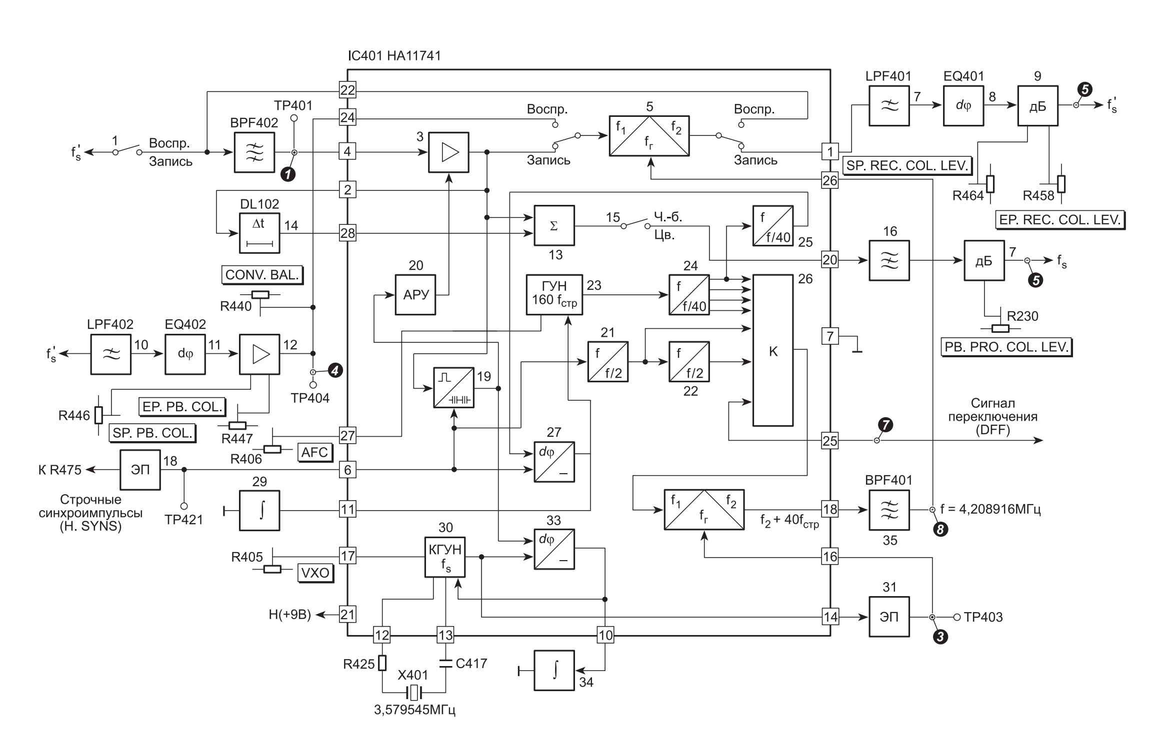


Рис. 2. Функциональная схема канала цветности

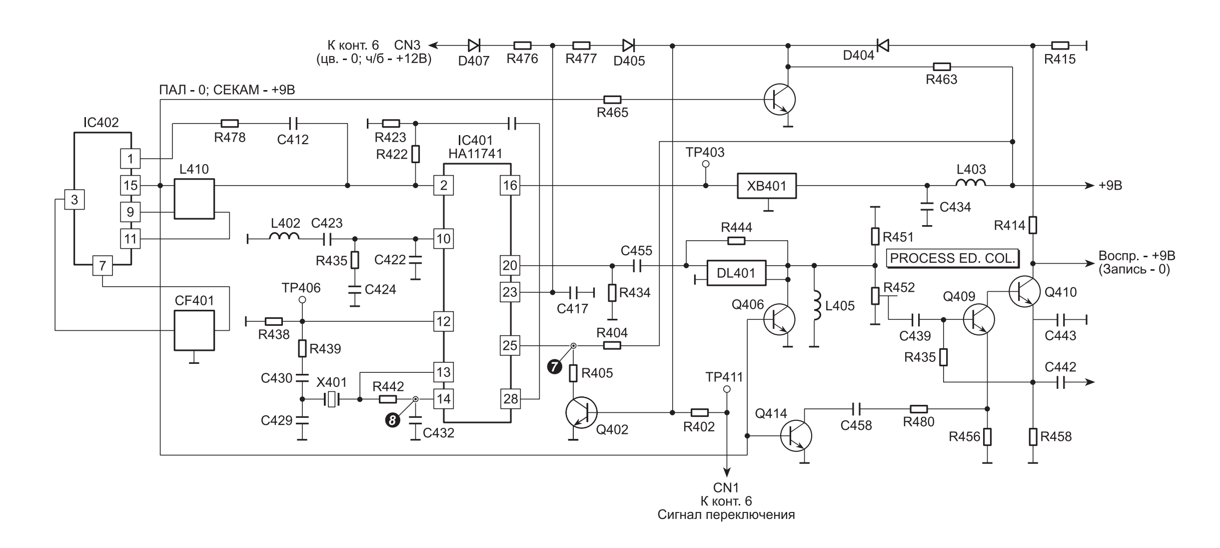


Рис. 3. Фрагмент схемы канала цветности

ты, поэтому на ней нет номиналов элементов). Упрощенная блок-схема канала цветности приведена на рис. 2. На рис. 3 показан фрагмент принципиальной схемы блока цветности PAL/SECAM (JVC HR-D120EG), отличающийся от схемы рис. 1. Управляющие напряжения на схеме имеют следующие обозначения: H – напряжение питания +9 В; I – запись 0 В, воспроизведение +9 В; K – запись +9 В, воспроизведение 0 В; L – режим SP 0 В, режим EP +9 В; N – режим SP +9 В, режим EP 0 В (режимы LP и EP имеются только в ВМ типа JVC HR-D235U).

В режиме записи ПЦТС через эмиттерный повторитель на транзисторе Q403 поступает на полосовой фильтр BPF402, выделяющий сигналы цветности, его размах на выводе 4 микросхемы IC401 должен быть в пределах 0,2...2,5 В при подаче сигнала цветных полос (диаграмма *1* на рис. 4). В практике ремонта встречаются аппараты, выдающие зашумленное (по цвету) изображение при записи и воспроизведении. Зачастую причиной этого являются дефекты фильтров канала цветности, являющиеся специализированными изделиями и поэтому труднодоступные для приобретения. Конструктивно филь-

тры могут быть выполнены в виде микросборок, включающих элементы одного или нескольких фильтров; в виде экранизированных катушек индуктивности (иногда с подстроечными сердечниками); дискретные индуктивности и конденсаторы фильтров могут быть установлены непосредственно на печатную плату канала цветности. При замене полосовых фильтров каналов цветности следует иметь в виду следующее: стандартное ослабление сигналов цветности в исправных фильтрах не превышает 5...7 дБ; каждый тип фильтра работает с определенными согласующими резисторами на входе и выходе (R434, R433 на рис. 1); входы и выходы фильтров нельзя менять местами. Упрощенный подход к выбору фильтров для замены (по принципу, лишь бы был цвет) приводит к заметному снижению качества изображения (появлению окантовок и т.п.).

В разное время я проводил измерения АЧХ ряда фильтров фирм TOKO Inc. и SAGAMI, широко используемых в видеоаппаратуре разных фирм, а также их отечественных аналогов. На основании полученных данных можно рекомендовать следующие значения полос пропускания полосовых фильтров по уровню –3 дБ при записи: NTSC – 3,1...4,1 МГц, PAL/SECAM – 3,2...5,3 МГц; при воспроизведении: NTSC – 3,1...4,1 МГц, PAL/SECAM – 3,8...4,8 МГц. Если один и тот же фильтр используется при записи и воспроизведении (как, например, в схеме рис. 1), крутизна скатов его АЧХ должна быть достаточно высокой. Например, полоса пропускания отечественных фильтров типа Б12-2, используемых в трактах воспроизведения, составляет 3,4...5,2 МГц по уровню –20 дБ, а в тракте записи фильтры типа Б12-1 имеют полосу пропускания 2...7 МГц по уровню –20 дБ, т.е. являются простыми фильтрами 1-го порядка.

При возникновении затруднений в подборе фильтров их можно изготовить самостоятельно, ориентируясь по данным, приведенным на рис. 5. Катушки L1...L3 следует выполнять на гантелевидных или кольцевых ферритовых сердечниках; значения индуктивности и емкости элементов должны быть подобраны с точностью ±5%.

Продолжим рассмотрение работы канала цветности (рис. 2). Внутри микросхемы IC401 отселектированный сигнал цветности через регулируемый усилитель 3 и коммутатор 4 поступает на основной конвертор 5, где переносится в низкочастотную область. С выхода конвертора через коммутатор 6, ФНЧ LPF401, фазовый корректор EQ401 сигнал f_s' поступает на регулируемый аттенюатор 9. Далее, с выхода фазового корректора EQ401 сигнал f_s' через эмиттерный повторитель на транзисторе Q408 подается на делитель напряжения, состоящий из резисторов R462, R463, R464, R477 и R468. С движков регуляторов тока записи цветности (R464 и R468 для режимов SP и EP, соответственно) через эмиттерный повторитель на транзисторе Q410 (SP) или Q409 (EP) сигнал f_s' подается в блок предварительных усилителей для совместной с сигналом яркости записи на магнитную ленту. Полоса пропускания ФНЧ LPF401 по уровню –3 дБ составляет 1,2...1,3 МГц (для сигналов цветности всех систем), отечественный эквивалент – фильтр типа Б12-6 (используется в «Электронике ВМ12» и др.).

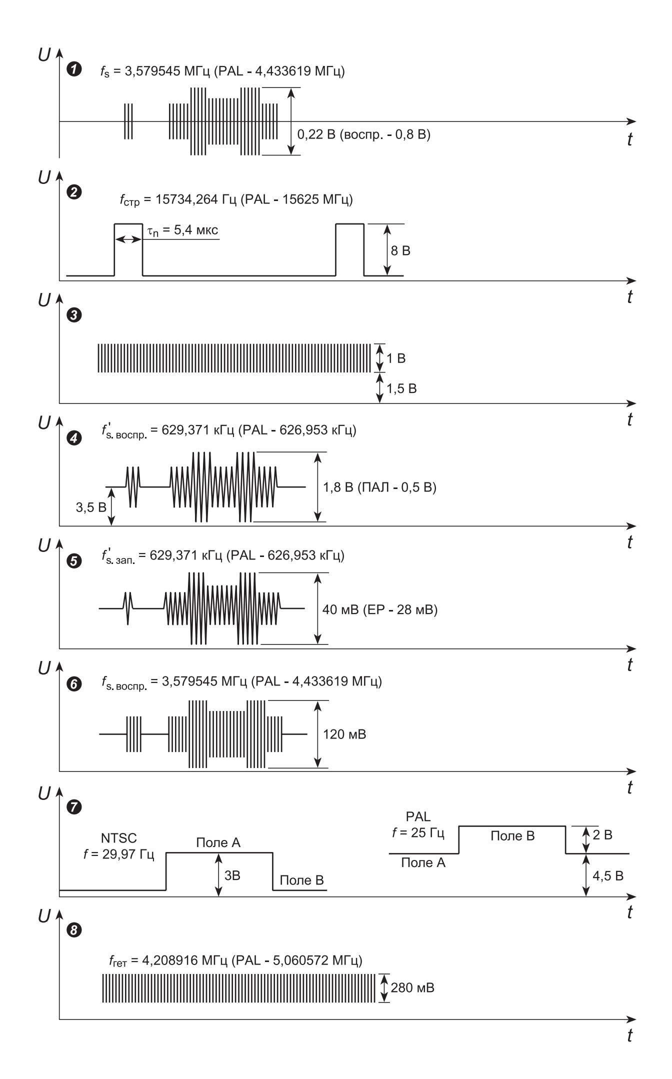


Рис. 4. Временные диаграммы сигналов в канале цветности

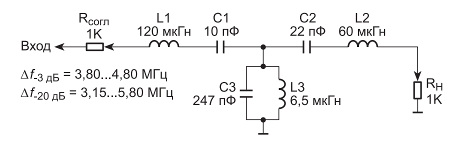


Рис. 5. Электрическая схема полосового фильтра

В режиме воспроизведения низкочастотный сигнал цветности с выхода предварительного усилителя через ФНЧ 10 (LPF402), фазовый корректор 11 (EQ401), регулируемый усилитель 12 и коммутатор 4 внутри микросхемы IC401 (рис. 2) поступает на тот же, что и в режиме записи, основной конвертор 5, в котором переносится в исходную область частот. С выхода конвертора сигнал f_s подается на тот же, что и в режиме записи, полосовой фильтр

BPF402 и регулируемый усилитель 3 в микросхеме IC401. Затем сигнал цветности очищается при помощи гребенчатого фильтра, состоящего из линии задержки DL102 на одну строку и сумматора 13, от помех, вызванных сигналами соседних строчек записи. Сформированный таким образом сигнал цветности через ключ 15, режекторный фильтр 16, подавляющий суммарную составляющую преобразования $f_s' + f_{гет}$ на частоте 4,83 МГц, и регулятор уровня воспроизведения 17 подается на выход ВМ вместе с сигналом яркости.

В канал синхронизации входят эмиттерный повторитель на транзисторе Q411 (рис. 1), селектор «вспышки» 19 и схема ключевой АРУ 20 (рис. 2). Использование ключевой АРУ позволяет поддерживать постоянным уровень «вспышки» в трактах записи и воспроизведения канала цветности независимо от характера изображения (регулировка усиления производится только в интервале «вспышки», см. рис. 4). Постоянство поддержания уровня сигнала цветности в видеомагнитофонах довольно высокое. Колебания размаха «вспышки» на ±1 дБ могут быть достигнуты при изменении ее уровня на входе усилителя 3 (рис. 2) на ±(6...10) дБ и даже более, поэтому регулировка подстроечных резисторов R446, R447 (рис. 1) в довольно больших пределах визуально никак не отражается на цветовой насыщенности изображения. Однако последствия неточной установки уровней могут проявиться самым неожиданным образом.

Канал фазоманипулированных сигналов образуют следующие узлы: ГУН 23 (частота $160f_{стр}$), формирователь четырех импульсных последовательностей 24 с частотой $40f_{стр}$ и фазами 0, 90°, 180°, 270°; делитель частоты 25 ($K_{дел} = 40$), обеспечивающий работу фазового детектора 27 на частоте $f_{стр}$; фазовый манипулятор 26; делители частоты 21, 22 на два; интегратор 29.

Фазовая манипуляция при обработке сигналов цветности – вынужденная мера для борьбы с помехами, возникающими от паразитного считывания видеоголовками сигналов соседних строчек (дорожек) записи на ленте. Сделано это было еще на этапе разработки формата VHS. Современные технологии изготовления видеоголовок позволяют обойтись без коммутации фазы поднесущей цветности при длине зазоров видеоголовок 35...45 мкм для режима SP в системе PAL, однако остаются требования совместимости. В формате VHS в интервале работы видеоголовки с азимутальным наклоном +6° (условно – головка А) порядок коммутации при записи фазы поднесущей от строки к строке должен быть следующим: 0°, 90°, 180°, 270°, 0°, 90°... (NTSC, PAL), в интервале работы видеоголовки с азимутальным наклоном –6° (условно – головка В) обратный порядок (0°, 270° (–90°), 180°, 0°...) в системе NTSC. В системе PAL коммутация в этом интервале не производится, так же как и в системе SECAM (в обоих интервалах). При воспроизведении должен быть обеспечен обратный порядок коммутации: поле А – 0°, 270°, 180°..., поле В – 0°, 90°, 180°, 0°... в системе NTSC (в системе PAL фаза не коммутируется). Введение фазовой манипуляции позволяет существенно ослабить помехи от соседних строчек записи (на 6...10 дБ) при помощи гребенчатых фильтров с временем задержки на одну (NTSC) или две строки (PAL).

В рассматриваемом канале цветности выходной сигнал ГУН 23 (рис. 2) поступает на многофазный делитель частоты 24, выполненный на основе триггеров – делителей частоты на два. При делении триггерами частоты противофазных сигналов на их выходах формируются такие же сигналы с вдвое меньшей частотой и сдвигом фаз на 90°. На этом известном принципе построен узел 24, который формирует сигналы с частотой $40f_{стр}$ и фазами 0°, 90°, 180°, 270°, поступающие на фазовый манипулятор 26.

Фазовый манипулятор представляет собой восьмиканальный мультиплексор, управляемый 2-разрядным кодом от делителей частоты 21 ($f_{стр}/2$) и 22 ($f_{стр}/4$). Направление фазовых скачков (т.е. порядок коммутации) зависит от величины управляющего напряжения на выводе 25 микросхемы IC401. При напряжении +3...5 В формируется порядок 0°, 90°, 180°, 270°, 0°...; при нулевом напряжении – 0°, 270°, 180°, 90°, 0°...; при напряжении более +6 В фаза сигнала постоянна. На вывод 25 микросхемы подаются импульсы переключения видеоголовок (диаграмма *7*, рис. 4). ГУН 26 (рис. 2) управляется системой ФАПЧ, опорными сигналами которой являются воспроизводимые или записываемые строчные синхроимпульсы; они подаются на первый вход фазового детектора 27. На второй вход ФД поступает сигнал с частотой $f_{стр}$ от делителя частоты 25. Выходное напряжение ФД после интегрирования (C420, C419, R428, рис. 1) поддерживает частоту ГУН равной $160f_{стр}$ независимо от колебаний скорости вращения БВГ.

Вспомогательный конвертор служит для формирования сигнала гетеродина, используемого в преобразователе частоты 5 (основной конвертор). В его состав входят: стабилизированный кварцевым резонатором ГУН (КГУН) 30 на частоту поднесущей цветности f_s; эмиттерный повторитель 31 на транзисторе Q401 (рис. 1); преобразователь вспомогательного конвертора 32, выходной сигнал которого через полосовой фильтр 35 поступает на основной конвертор 5; фазовый детектор 33, через интегратор 34 управляющий частотой и фазой КГУН 30. Средняя частота КГУН устанавливается подстроечным резистором R405 в режиме записи черно-белого сигнала. Иногда после нескольких лет эксплуатации частота КГУН «уходит» более чем на 300...500 Гц, что может стать причиной «подрывов» цвета и появления цветных полос, особенно в верхней части растра. При таких «симптомах» нужно измерить частоту генерации (контрольная точка TP403). В некоторых случаях может потребоваться замена кварцевого резонатора X401. Распространенной ошибкой некоторых ремонтников является использование неточных частотомеров, входящих в состав переносных мультиметров. Для стационарных частотомеров необходим предварительный прогрев (см. описание), чтобы точность измерения частоты достигла паспортного значения.

Во вспомогательном конверторе «вспышки» сигнала цветовой синхронизации на выходе усилителя 3 выделяются селектором 19 и подаются на первый

вход ФД 33, на второй вход которого приходит сигнал КГУН. Сигнал ошибки с выхода ФД после интегрирования (C422, R428, C421, рис. 1) управляет частотой и фазой КГУН для компенсации колебаний скорости вращения БВГ. Фильтром 35 (BPF401) выделяется суммарная частота $f_r = f_s + 40f_{стр}$ = = 4,208916 МГц. Крутизна скатов АЧХ фильтра должна быть достаточно высокой, это нужно иметь в виду при выборе вариантов фильтра для замены. Например, отечественный фильтр типа Б12-3 (PAL/SECAM, $f_{ср}$ = 5,06 МГц) имеет затухание –20 дБ на частоте 4,5 МГц.

Обеспечить нормальную работу канала цветности, реализованного на ИМС HA11741, в системах PAL и SECAM только путем замены фильтров, кварцевого резонатора и линии задержки не удается. Фрагмент схемы двухсистемного (PAL/SECAM) канала цветности видеомагнитофона JVC HR-D120 приведен на рис. 3 (позиционные номера элементов не совпадают с соответствующими номерами на рис. 1). Показаны только фрагменты, отличающиеся от соответствующих цепей рис. 1. Кроме того, в этой односкоростной модели ВМ отсутствуют узлы, коммутирующие режимы SP/EP.

Работа канала цветности в системе PAL имеет ряд особенностей. Вместо эмиттерного повторителя 31 (см. рис. 2) установлен кварцевый генератор XB401 типа 4435K3E фирмы MEIDEN на частоту 4,435572 МГц. Таким способом обеспечивается сдвиг частоты перенесенной поднесущей сигнала цветности f_s' на $1/8f_{стр}$. Сигнал этого генератора через вывод 16 микросхемы IC401 подается на основной конвертор 5 (рис. 2). Кварцевый резонатор X401 имеет номинальную частоту 4,433619 МГц. Поскольку в системе PAL фаза «вспышки» меняется от строки к строке на ±45°, в выходном управляющем напряжении ФД 34 (рис. 2) появляется составляющая полустрочной частоты, для ее подавления использован режекторный фильтр L402, C423. С целью блокировки коммутации фазы в поле B, введен инвертор на транзисторе Q402, поэтому в сигнале переключения (диаграмма *7* на рис. 4) присутствует постоянная составляющая около +4,5 В. Вместо режекторного фильтра 16 (рис. 2) установлен гребенчатый фильтр с линией задержки на две строки DL401, а вместо линии задержки DU02 (рис. 2) – делитель напряжения R422, R423. Для обеспечения работы канала цветности в системе SECAM введен узел опознавания на основе микросхемы IC402 типа BA7007 фирмы ROHM. При появлении сигнала цветности SECAM на выводе 15 этой ИМС устанавливается напряжение +9 В, которое открывает ключи на транзисторах Q412, Q406 и Q414, обеспечивая блокировку фазовой коммутации и гребенчатого фильтра. Кроме того, увеличивается коэффициент передачи усилителя воспроизведения на транзисторах Q409, Q410.

Продолжение следует.